

3. Кудинов А. А. Тепловые электрические станции. Схемы и оборудование. М. : ИНФРА-М, 2012. 325 с.
4. Кудинов А. А., Зиганшина С. К. Парогазовые установки тепловых электрических станций. Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2014. 210 с.

УДК 621.39

**ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫВКИ
СЕКЦИОННЫХ ПАРОГЕНЕРАТОРОВ КАК СПОСОБ
ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ АЭС С РЕАКТОРАМИ НА
БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ**

**OPTIMIZATION OF CHEMICAL FLUSHING OF SECTIONAL
STEAM GENERATORS AS A METHOD OF INCREASING
RELIABILITY OF NPP WITH REACTORS ON FAST NEUTRONS**

Соломеин Я. С., Ташлыков О. Л.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
solomeinyan@yandex.ru

Solomein Y. S., Tashlykov O. L.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: в работе проанализирован опыт эксплуатации и особенности конструкции натриевых парогенераторов. Рассмотрены причины разрушения теплообменных трубок парогенератора. Изложен способ химической промывки парогенератора (ПГ). Сделаны выводы об эффективности и технологичности метода химической промывки парогенератора.

Abstract: the operation experience and design features of sodium steam generators are analyzed. The reasons for the destruction of the heat-exchanging tubes of the steam generator are considered. The method of chemical washing of the steam generator is described. Conclusions are

drawn about the efficiency and technological efficiency of the method of chemical washing of the steam generator.

Ключевые слова: парогенератор, натрий, химическая промывка, коррозия

Key words: steam generator, sodium, chemical washing, corrosion

Наибольшее распространение на АЭС с реакторами на быстрых нейтронах получила секционнно-модульная конструкция парогенераторов (ПГ). Она позволяет сохранить ПГ в работе даже в случае разгерметизации теплообменной поверхности одного из модулей любой секции. В настоящее время эксплуатируются парогенераторы ПГН-200М (8 секций по 3 модуля) на энергоблоке № 3 БАЭС с реактором БН-600 и парогенератор Н-272 (10 секций по 2 модуля) на энергоблоке № 4 БАЭС с реактором БН-800 [1].

Натрий движется в межтрубном пространстве модулей парогенератора; движение в модуле пароперегревателей - снизу вверх, в испарителе – сверху вниз. Вода и пар третьего контура движутся в направлении, противоположном движению натрия.

Существенным недостатком секционнно-модульной конструкции является большая удельная материалоёмкость ПГ, сложность монтажа, а также большое количество высокотемпературных трубопроводов. При расчете трубопроводов возникают сложности с их температурной компенсацией и компоновкой в ограниченном объеме бокса парогенератора.

Одной из проблем в организации водно-химического режима третьего контура АЭС с реакторами БН-600 и БН-800 является поступление продуктов коррозии конструкционных материалов из конденсатно-питательного тракта с питательной водой в ПГ и осаждение их на теплообменной поверхности трубного пучка.

Это приводит к возникновению под отложениями язвенной (питтинговой) коррозии металла труб, в отложениях накапливаются коррозионно-активные примеси, вызывающие коррозионное

растрескивание труб (рис. 1). Для удаления нерастворимых в воде соединений применяются химические промывки.

Эксплуатационная химическая промывка ПГ Н-272 РУ БН-800 будет проводиться впервые и требует к себе особого внимания. При разработке регламента и схемы химпромывки ПГ Н-272 будет использован опыт проведения промывок ПГН-200М РУ БН-600.

Целью будущей промывки является удаление отложений с теплообменных труб и камер испарительных модулей (ИМ) ПГ, накопленных с момента пуска блока, в период планового ремонта (ППР), без слива натрия второго контура из ПГ по специально проектируемому замкнутому циркуляционному контуру (рис. 2).



Рис.1. Зарождение и рост коррозионных трещин в металле теплообменной трубки ПГН-200М

При промывке будет использован аммиачно-гидразинный раствор ЭДТК (этилендиаминтетрауксусной кислоты) с учетом опыта промывки испарителей ПГ блока № 3 БАЭС.

Для проведения химической промывки ПГ будет использовано штатное оборудование третьего контура, а также временные трубопроводы с арматурой, теплообменники охлаждения промывочного раствора в контуре, специальный временный байпасный трубопровод ПВД и основных питательных насосов.

Этап химической промывки считается законченным при стабилизации содержания железа в промывочном растворе. По окончании 1 этапа химической промывки циркуляционный

промывочный контур опорожняется и промывается обессоленной водой. Заключительным этапом химической промывки является пассивация отмытых поверхностей, путем дозирования аммиака и кислорода на всас предвключенного питательного насоса без прекращения циркуляции по замкнутому контуру.

Подачу кислорода прекращают при равенстве концентраций кислорода на входе/выходе испарителей ПГ.

По окончании пассивации промывочный контур опорожняется и дренируется, далее его подсушивают, для чего открывают все дренажи, воздушники и люк деаэратора. Дальнейший режим работы осуществляется в соответствии с регламентом работы при отводе остаточных тепловыделений.

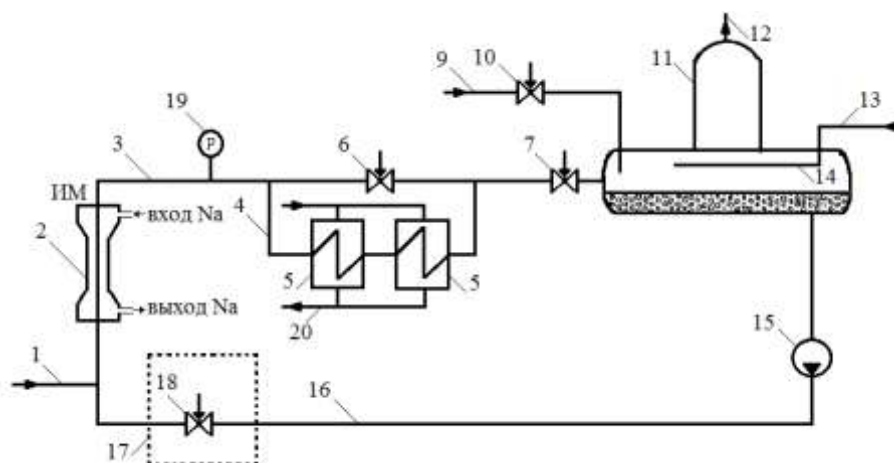


Рис. 2. Принципиальная схема контура химпромывки ПГ Н-272

- 1 – ввод композиции на основе ЭДТК; 2 – ИМ ПГ; 3, 4, 16 – временные трубопроводы; 5 – охладитель; 6, 10, 18 – регулирующий клапан; 7 – дроссельное устройство; 8 – деаэраторный бак; 9 – подача пара из ПРК; 11 – деаэраторная этажерка; 12 – выпар деаэратора; 13 – конденсат; 14 – тарелки; 15 – ППЭН; 17 – узел регулирования питательной воды; 19 – датчик давления; 20 – техническая вода

Созданная схема и регламент позволяют провести химпромывку ПГ без ущерба для штатного оборудования энергоблока и эффективно удалить отложения на теплообменных трубках, накопленные с момента пуска блока.

Высокая эффективность и технологичность метода химпромывки ПГ Н-272 РУ БН-800 подтверждается тем, что она не

требует длительного времени (все время промывки – 24 часа), проводится параллельно с расхолаживанием блока и не задерживает ППР;

В дальнейшем, схема химпромывки ПГ Н-272 будет модернизироваться, а также будут оптимизированы параметры ее проведения с учетом опыта эксплуатации энергоблока.

Список использованных источников

1. Атомные электростанции с реакторами на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем: учеб. пособ. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Бельтюков, А. И. Карпенко, С. А. Полуяков, О. Л. Ташлыков, Г. П. Титов, А. М. Тучков, С. Е. Щеклеин; под общ. ред. С. Е. Щеклеина, О. Л. Ташлыкова. Екатеринбург : УрФУ, 2013. 548 с.

УДК 662.76

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ДЛЯ ПОДАЧИ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ГАЗИФИКАТОР

USE OF CARBON DIOXIDE FOR SUPPLY OF PULVERIZED COAL INTO THE GASIFIER

Смирнов А. И., Богатова Т. Ф.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,
t.f.bogatova@urfu.ru

Smirnov A. I., Bogatova T. F.

Ural Federal University, Ekaterinburg

Аннотация: В работе рассмотрены технологии подготовки и подачи топлива в газификатор. В результате анализа схем подготовки и подачи топлива в реактор в виде водоугольной суспензии (ВУС), суспензии уголь-СО₂ по технологии Phase Inversion-based Coal-CO₂